

A mikroorganizmusok szerepe a növények életében

N. A. KRASZILNIKOV

*Állami Lomonoszov Egyetem Biológia-Talajtani Karának,
Talajbiológiai Tanszéke Moszkva*

A talajmikrobiológia és általában a mezőgazdasági mikrobiológia területén az eddig elért kutatási eredmények alapján jelentősen bővülnek elképzeléseink a mikroorganizmusoknak a növények életében játszott szerepéről. Az elmúlt másfél-két évtized alatt különösen nagy lépéseket tett előre a tudományágnak az a része, amely a talajmikroorganizmusok és magasabbrendű növények közötti kölcsönös viszonyt vizsgálja. Az eddigi kísérleti eredmények azt mutatják, hogy a talajmikroorganizmusoknak igen fontos szerepük van a növények fejlődésében, és éppen ezért ezt a tényezőt számításba kell venni mind a növénytermesztésben, mind pedig a talajtanban.

A mikroorganizmusok rendkívül jelentős és igen sokoldalú hatást gyakorolnak a növényekre. Dolgozatunkban két olyan kérdéssel foglalkozunk, melyek döntő mértékben befolyásolják a mezőgazdasági növények fejlődését: a) a mikroorganizmusok szerepe a növények táplálkozásában, b) a mikroorganizmusok anyagcseretermékeinek a hatása a növények növekedésére és fejlődésére, valamint a kapott termés minőségére.

Közismert, hogy a mikroorganizmusok nemcsak ásványi táplálóanyagokkal látják el a növényeket a szerves anyagok elbontásának eredményeképpen, hanem közvetlenül is táplálják azokat az általuk kiválasztott anyagcseretermékekkel. A mikroorganizmusok sok fontos vegyületet szintetizálnak, melyek elengedhetetlenül szükségesek a növények normális növekedése és fejlődése szempontjából. Meg van az alapunk annak a feltételezésére, hogy a növények mikroorganizmusok nélkül nem képesek normálisan fejlődni, és nem adnak teljes értékű termést.

Az irodalomban nincsenek megbízható adatok, amelyek bebizonyítanák, hogy a növények növekedése és beérése steril kísérleti körülmények között végbemegy. Még senkinek sem sikerült teljesen érett, életképes növényi magokat kapni a talajban vagy tápoldatban mikroorganizmusok nélkül. Fel lehet azonban tételni, hogyha sikerült volna növényi magvakat ilyen körülmények között nyerni, valószínűleg az ilyen magvak kevésbé életképesek. Ezt mutatják a különböző alacsonyabbrendű növényekkel végzett kísérletek adatai is. Ilyen irányú kísérleteket mi is végeztünk békalencsével (*Lemna minor*), melyet Knopp féle ásványi tápoldatban steril és nem steril körülmények között neveltünk fel. Egyik esetben a tápoldathoz meghatározott baktériumfajokat, illetve azok anyagcseretermékeit adtuk, míg a másik esetben ezek hozzáadása nélkül steril viszonyok között neveltük fel a növényeket. A kísérletek azt mutatták, hogy a növények mikroorganizmusok nélkül lassabban

növekedtek, a termés alacsonyabb volt, de maguk a növények is kisebbek voltak azoknál, melyeket baktériumok, illetve azok anyagcseretermékei jelenlétében neveltünk fel. Minden új átültetés után a steril növények egyre gyengébben növekedtek, szaporodásuk fokozatosan csökkent, mind több degenerált egyed tűnt fel, azok színe egyre halványabb lett, igen jelentős klorózt lehetett megfigyelni. Több-kevesebb átültetés után (7—10, illetve 15—20) a *Lemna minor* átültetett példányai nem is növekedtek tovább. A növényekkel azonos helyről származó vízmintákban, illetve bizonyos mikroorganizmusok jelenlétében a növények fejlődése normális volt, degenerálódás a folyamatos átültetés után nem következett be (KRASZILNIKOV 1958. [26]).

Az életképesség csökkenése kiegészítő tápanyagforrások nélkül, megfigyelhető nemcsak a növényeknél, hanem sok mikroorganizmusnál is. A laboratóriumi gyakorlatban igen közismertek az ún. degenerált, azaz nem teljes értékű mikroorganizmusok. Ezek legtöbbször a tenyészetek változókonyságának következtében képződtek, mikor a talajból ezeket mesterséges táptalajon kitenyésztjük. A kolóniák már sok esetben az első áttöltésnél elpusztulnak kiegészítő tápanyagok hiánya következtében. Ilyen degenerált szervezetek képződnek mind a baktériumok, mind a gombák, mind a sugárgombák, mind pedig az élesztők között. Nagyszámú kísérlet bizonyítja, hogy a mikroorganizmusok, különösen a rhizoszférában élők, anyagcseretermékeiken keresztül jelentős mértékben befolyásolják a növények növekedését. (BENTLEY, 1960. [3]; RAPER, 1957. [47]; HEPDEN és HAWKER, 1961. [17]; LINZER és KIERMAYER, 1957. [37]; BACHRACH és COHEN, 1961. [2]).

Jelenleg még igen hiányos ismeretekkel rendelkezünk ezekkel az anyagcseretermékekkel kapcsolatban, és még kevesebbet tudunk arról, hogy ezekből melyek szükségesek az egyik vagy másik növény fejlődése számára. Minden alapunk megvan annak feltételezésére, hogy a növények számára az eddig ismert tápanyagon kívül még szükségesek sajátos növekedést serkentő anyagok. Napjainkban a mikrobiális eredetű, biológiailag aktív anyagok közül részletesebben tanulmányozták a vitaminokat, auxinokat, gibberellint, viszont kevésbé ismertek még a Z, X és P növekedési faktorok, spermin, spermidin, antibiotikumok, aminosavak, hormonok és néhány egyéb anyag.

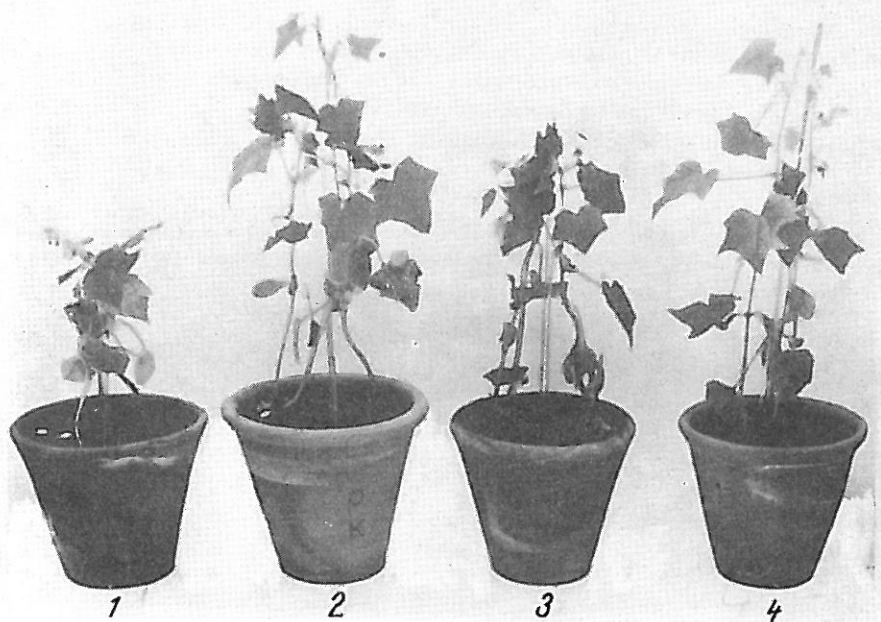
A felsorolt anyagoknak a növényekre gyakorolt hatása többé-kevésbé ismert. Az irodalomban sok adat van az auxinok hatásáról (heteroauxinok). Az auxinokat széleskörűen alkalmazzák a gyakorlati növénytermesztésben és kertészetben, valamint a dísnövények meghonosításában.

Gibberellin

Az irodalomban ismeretes a gibberellinnek a növények növekedésére gyakorolt sokoldalú hatása. Ez az anyagcseretermék, amint sok kísérlet igazolja, megnyújtja a sejteket, különösen egyes növények szárában (pl. borsó és mások), serkenti az enzimek működését, fokozza az anyagszintézist, meggyorsítja a virágzást és a termés beérését. Az egyes szőlőfajtáknál a szőlőszemek gibberellinsav hatására nem tartalmaznak magot, a mustban növekszik a cukortartalom stb. Mindezekon felül a gibberellin megváltoztatja a növényi fejlődés jellegét. A kétéves növényeknél (keresztesvirágúak és mások) a virág-

zás fejlődésük első évében következik be és nem a másodikban. (BRIAN és mások, 1957—60. [7, 8, 9]; CSAJLAHJAN, 1958—61. [11, 12, 13]; ANGSTEN, 1961. [1]; KATARJAN és mások, 1960—61. [22, 23]; KRINGSTAD és mások, 1960. [32]; KRASSILNIKOV, 1961. [27]; OGAWA és társai, 1958. [44]).

A gibberellin nem az egyetlen mikrobiális eredetű vegyület, amely igen aktív tevékenységet fejt ki a növényekre. Sok talaj-mikroorganizmus a legkülönbözőbb kémiai összetételű anyagokat képezi, amelyeknek a növényekre gyakorolt hatása ha nem is olyan erősen kifejezett, mint a gibberellin esetében, mégis észrevehető. Egyes esetekben a talajban elég aktív organizmusok fedezhetők fel, amelyeknek anyagszertermékei a növények növekedését és termését növelik 50—100%, sőt nagyobb mértékben is, jóllehet ezeknek a kémiai összetétele, valamint hatásmechanizmusuk más, mint a gibberelliné (1. ábra). BILAJ és munkatársai 1961. [4, 5] 11 *Fusarium* nemzetséghez tartozó szervezeteknek a növények növekedésére gyakorolt serkentő hatását mutatták ki. Ilyen aktivátorokat figyeltek meg más gombafajok, valamint a baktériumok és sugárgombák között is (STARKEY, 1958. [49]; LOCHHEAD, 1958. [38]; BURGER és mások, 1958. [10]). Munkánk során négy készítményt állítottunk elő, az első a „P” preparátum, amelyet *Pseudomonas aurantiaca* spórátlan baktérium képez, második a „G₂” preparátum, melyet a *Fusarium* sp. gombakultúra szintetizál, míg a harmadik a „D” készítmény, amelyet a *Torulopsis*



1. ábra

Pseudomonas aurantiaca preparátum serkentő hatása a babra. Balról jobbra: 1. Vízben áztatott mag, a növény vízzel permetezve. 2. *Ps. aur.* anyagszertermékeiben áztatott mag, a növény vízzel permetezve. 3. Vízben áztatott mag, *Ps. aur.*-al permetezett növény. 4. *Ps. aur.* anyagszertermékeiben áztatott mag, *Ps. aur.*-al permetezett növény

pulcherrima nevű élesztőből nyertünk. Végül az „A” preparátum, mely az *Actinomyces griseus* N° 70 sugárgomba terméke. Az említett anyagcsere-termékek üvegházi kísérleti körülmények között meggyorsították a növények

1. táblázat

A mikrobiális-eredetű preparátumok hatása különböző növények növekedésére és terméshozamára. Tenyészedény kísérlet. (10 növény súlya g-ban)

(1) Preparátum	(2) Borsó	(3) Kukorica	(4) Búza	(5) Saláta	(6) Bab
Kontroll	16,4	520	109	190	34
Gibberellin	44,8	400	100	272	33,6
P-preparátum	36,0	720	120	380	54,6
D-preparátum	28,2	980	98,8	340	54,6
G ₂ -preparátum	21,6	580	102	230	36,4
A-preparátum	20,4	1000	100	199	34,0

növekedését, 50—100%-al megnövelték a termést a kultúrától függően (1. táblázat). A „P” preparátum leginkább a borsó, a saláta és a bab növekedésére hatott, míg a „D” preparátum a kukorica és a saláta növekedését stimulálta, de nem hatott az uborkára, babra és salátára. A „G₂” preparátum meggyorsította az uborka növekedését, viszont gyengén hatott a borsóra. Az „A” készítmény hatással volt a kukorica növekedésére, de nem befolyásolta a búza növekedését. A kísérletek bebizonyították, hogy a vizsgált készítmények hatást gyakorolnak a növények egyes biokémiai folyamataira, így az aminosavak, szénhidrátok szintézisére (2. táblázat, 2. ábra).

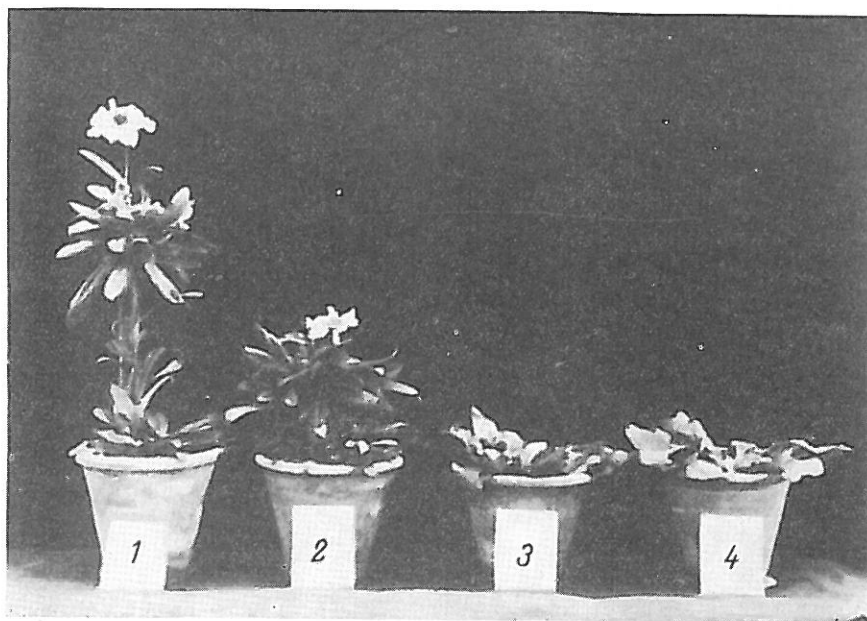
2. táblázat

Aktivátorok hatása a borsó sejtekben végbemenő cukor és nitrogén tartalmú vegyületek képződésére és felhalmozódására, %-ban szárazanyagra számítva

(1) Kísérlet	(2) Összes cukor	(3) Redukálható cukor	(4) Polysaccharidok	Nitrogén		
				(5) Összes	(6) Aminosav	(7) Fehérje
Kontroll	23,2	0,30	11,2	3,36	0,45	2,91
Gibberellin	30,0	0,99	13,0	3,67	0,49	3,18
G ₂ -preparátum	34,6	0,76	16,7	3,31	0,59	2,79
R-preparátum	26,2	0,94	13,2	3,09	0,58	2,51
D-preparátum	28,0	0,40	14,6	2,85	0,54	2,31

Megfigyeltük a vitamintartalom emelkedését a növényi szövetekben a preparátumok hatására. A borsó „D” és „P” preparátum hatására több biotint, mezoinozidot, pantothensavat és nikotinsavat tartalmazott. Különösen a kontroll és kezelt növények gyökereiben volt jelentős különbség az említett vitaminok mennyiségében. Jelentős B₁ vitamin növekedést figyeltünk meg

azokban a búzaszövetekben, amelyet „G₂” preparátummal kezeltek. A vegetatív részekben (levél és szár) 1,8 μg B₁ vitamint találtunk a gyökérben 2,6 μg -t 1 g szárazanyagra számítva, míg a kontroll kísérletben 1,1, ill. 1,6 μg -ot. A kísérletek bizonyítják, hogy a növények képesek felvenni a tápanyagokat a különböző eredetű szubsztrátumokból. A mikróbák meggyorsítják a gyökéren keresztüli tápanyag felvételt, elsősorban az ásványi foszfor vegyületek



2. ábra

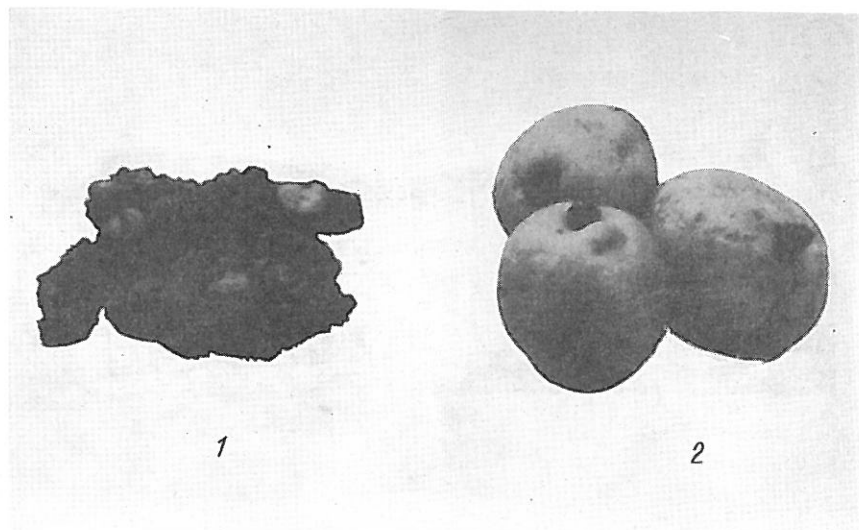
Fusarium preparátum hatása a növények fejlődésére. 1. és 2. G₂ preparátum. 3. és 4. Kontroll

felvételét, és átalakítják azokat szerves foszfor vegyületekké (KRASSILNIKOV és KOTELEV, 1956, [29]; KOTELEV és GARKOVENKO, 1945, [25]). A mikroorganizmusok stimulálják a növények asszimilációs folyamatait. Biológiailag aktív anyagcseretermékeket, az antibiotikumokat, gibberellint, aminosavakat stb. meghatározott mikroorganizmus fajok jelenlétében a növényi gyökerek gyorsabban vesznek fel, mint steril kísérleti körülmények között (KRASSILNIKOV, 1958, [26]).

Amint a fentiekből látható, a mikrobaeredetű anyagok igen jelentős hatást gyakorolnak a növények fejlődésére. Serkentik a biokémiai folyamatokat, ezen keresztül a növény növekedését és emelik a termés mennyiségét. Növelik a szénhidrát és nitrogéntartalmú vegyületek mennyiségét (fehérjék, aminosavak), valamint a vitamintartalmat, és egész sor olyan vegyület képzését biztosítják, melyek javítják a termés minőségét. Tehát a mikroorganizmusok nemcsak ellátják a növényeket saját anyagcseretermékeikkel — mint kiegészítő táplálkozási forrásokkal —, hanem jelentősen fokozzák a termés mennyiségét, emelik annak tápértékét, mind az ember, mind az állatok részére.

Antibiotikumok

A mikrobiális anyagcseretermékek között vannak olyanok, amelyek nem kiegészítő tápanyagforrások a növényi táplálkozásnak, de mégis hatalmas jelentőségük van a növények növekedésében. Ezekhez az anyagokhoz tartoznak az antibiotikumok. Az antibiotikumok hatása jól ismert a gyógyászatban, és jelentős számú antibiotikum nemcsak kísérletekben kerül alkalmazásra, hanem a szabadföldi gyakorlatban is a növényi betegségek elleni védekezés folyamán. Az antibiotikumokat több-kevesebb sikerrel alkalmazzák a kertészetben, a zöldségtermesztésben, a dísnövénytermesz-



3. ábra

Antibiotikummal kezelt burgonya 1. Kontroll. 2. Antibiotikummal kezelt

tésben stb. (KLINKOWSKI, 1954. [24]; KRASSILNIKOV, 1958. [26]; RUBIN, 1961. [48] és mások.

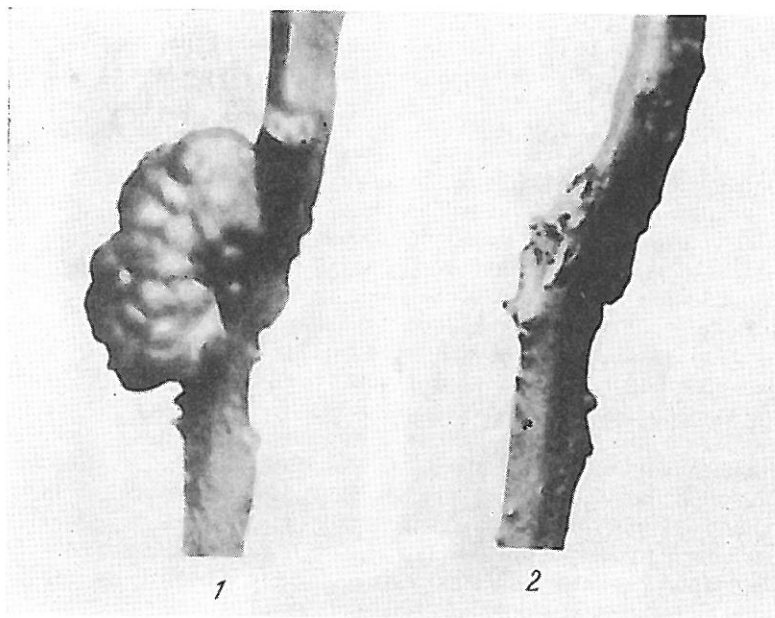
Az antibiotikumok nagy hatásának példájául szolgálhat az utóbbi időben (3—5 év) általunk készített két preparátum eredménye. Egyik az *Actinomyces griseus* 15-ös törzs terméke a grizin, melyet a burgonyarák elküzdésére alkalmaznak (Mirzabekjan). A burgonyagumókat vetés előtt ezzel a preparátummal kezelték. Az eredmények igen hatásosak voltak, mivel a megbetegedések száma 70—90%-kal csökkent összehasonlítva a kontroll növényekkel.

Másik készítmény a P—42, melyet az *Actinomyces tumemacerans* n. sp.-ből nyertek, csökkentette a spórátlan *Ps. tumefaciens* által kiváltott növényi daganatok kifejlődését. A növekvő daganatot a preparátum teljesen szétosztatta (4. ábra). Sok más hasonló adatot is felhozhatnánk az antibiotikumoknak a növénytermelésben történő alkalmazásával kapcsolatban. Mindezek arra mutatnak, milyen nagy lehet ezeknek az anyagoknak a szerepe, vagy ami ezzel egyenlő, produktivitása. Megvédi a növényeket a baktériális és gombás fertőzésektől.

Az antibiotikus anyagok bekerülve a növénybe, ott felhalmozódhatnak és kisebb-nagyobb mértékben emelhetik a növényi nedv antibiotikus hatását.

Más szavakkal ezek az anyagok a növények immunobiológiai sajátosságai emelésének tényezőivé válhatnak. Gyakorlatban ezért felhasználhatók profilaktikai célokra (KRUGER, 1961. [33]).

Vannak olyan mikroorganizmusok, amelyek megvédik a növényeket a kártevő rovaroktól, vagy megfertőzik azokat, vagy anyagcseretermékeikkel megmérgezik. Ismeretesek olyan baktériumok, amelyek fertőző megbetegedéseket váltanak ki a rovaroknál. Ezeket a baktériumokat fel lehet használni a



1. ábra

Antibiotikumok hatása a növény szárán képződött daganatra. 1. Kezelés előtt.
2. Kezelés után

fákat és más növényeket fertőző rovarok elleni harcban. A mi gyűjteményünkben olyan mikroorganizmusok is vannak, amelyek rovarölő (gyapjaslepke stb.) antibiotikus anyagokat vagy entomotoxinokat állítanak elő (KUCSAEVA, 1958. [35]).

Az antagonista mikroorganizmusok anyagcseretermékeikkel gátolják a talajok mikrofaunájának élettevékenységét. Gelcer (1961) kísérletei bebizonyították, hogy néhány sugárgomba törzs aktívan gátolja az amoebák és egyes ázálékállatkák működését, nemcsak mesterséges kultúrákban, hanem a talajokban is. Meghatározott összefüggés figyelhető meg különböző rovarok lárvái és a mikroorganizmusok között (GILJAROV, 1961. [15]).

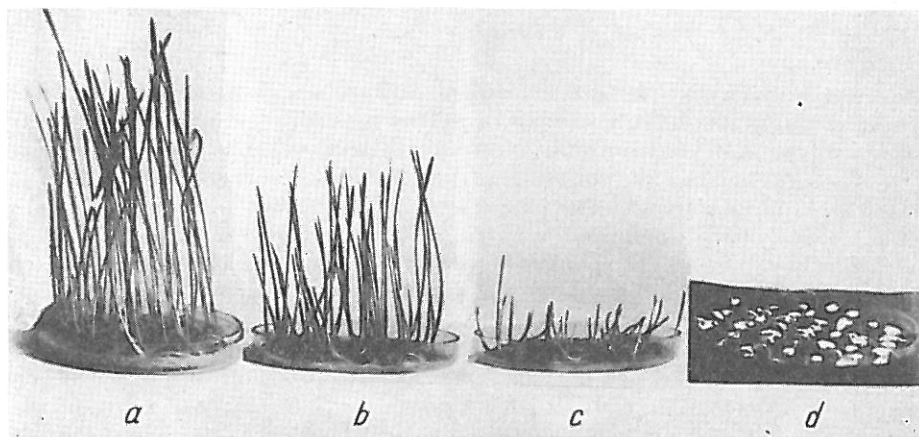
Figvelmet érdemelnek azok a kísérletek, amelyek a nematódák elleni mikrobiológiai védekezéssel foglalkoznak. Az utóbbiak, amint ismeretes, igen elterjedtek a talajokban, és behatolva a növények szöveteibe tömeges fertőzést okoznak. Az utóbbi években leírtak olyan antagonista gombákat, amelyek elpusztítják a nematódákat. Ezek az ún. „ragadozó gombák” micéliumfonalaikkal átfogják a nematóda testét és megölik. Voronyin és Copf a múlt évszázadban elsőként írt le ilyeneket, majd később sok szerző tanulmányozta őket

Nálunk a Szovjetunióban SZOPRUNOV és SZOPRUNOVA, 1952 [51], továbbá TENDENTNIK, 1954—57 [53], kezdték tanulmányozni szisztematikusan a ragadozó gombákat, és ők alkalmazták azokat a nematódák megállapítása céljából talajban, trágyában, bányákban és más nematódákkal fertőzött helyeken. Arra is van utalás, hogy a nematódák néhány antibiotikummal szemben érzékenyek, ami lehetőséget ad az ellenük való védekezésre (MARTIN, 1960. [39]).

A talajban azonban nemcsak olyan mikroszervezetek élnek, melyeknek anyagcseretermékei pozitív irányban befolyásolják a növények fejlődését, hanem nagyszámú olyan organizmus is található, amelynek legtöbbje számunkra ismeretlen, és amelyekről csak közvetett úton tudunk bizonyítékot szerezni.

Inhibitor-mikroorganizmusok

A talaj mikroflórájának a magasabb rendű növényekkel való kapcsolata tanulmányozásánál nemcsak azokat a fajokat és törzseket kell figyelembe venni, amelyek pozitív hatásúak a növényekre, hanem azokat az organizmusokat is, amelyek ellenkező hatást váltanak ki. Az utóbbiak között leginkább érdeklődésre tarthatnak számot azok a szervezetek, amelyek a növények fejlődését gátló anyagokat, másképpen fitotoxinokat állítanak elő. Nagyszámú kísérlet igazolja, hogy a talajokban nagy mennyiségű baktérium, sugárgomba, gomba él, amelyek toxin termelésükkel gátolják a növények vagy az egyes mikroorganizmusok növekedését és fejlődését. Az utóbbi esetben a mikroszervezetek az antagonistákhoz, azaz antibiotikumtermelő organizmusokhoz tartozhatnak. A mikrobák fitotoxinjai különböző erősségűek. Egyesek közülük erősen csökkentik a növények növekedését; az általuk fertőzött magvak vagy egyáltalán nem nőnek (5. ábra), vagy gyengén növekednek és az esetek többségében gyorsan elpusztulnak. Más toxinok gyengébben hatnak, és csupán visszatartják a mag csírázását és a csíranövény növekedését. A pusztító hatás mértéke a toxin koncentrációjától is függ.



5. ábra

Toxinok hatása a búza növekedésére. a) Kontroll (vizzel kezelt). b) Gyenge hatású toxin *Bacterium* sp. c) Gyenge hatású toxin *Actinomyces griseus*. d) Erős hatású toxin *P. cyclopium*

Vannak fitotoxinok, amelyek igen gyengén, alig észrevehetően gátolják a növények növekedését, ezeknek hatása elsősorban a növények szöveteiben végbemenő biokémiai folyamatokban mutatkozik meg. Ennek eredményeképpen a növények szöveteiben jelentősen megváltozik a nitrogén anyagcsere, megbomlik az aminosavak aránya. A toxinok hatására a szövetekben csökken a lizin, treonin, alanin, valin, metionin, fenilalanin stb. mennyisége (3. táblázat).

3. táblázat

Gombák által termelt fitotoxinok hatása a borsó-sejtek aminosav összetételére a szárazanyag súly %-ában

(1) Aminosavak	(2) Kontroll	(3) Toxin cye.	(3) Toxin pur
Lizin	0,183	0,082	0,125
Asparaginsav + arginin	0,572	0,298	0,462
Serin + glicin	0,390	0,218	0,345
Glutaminsav	0,503	0,487	0,428
Treonin	0,382	0,210	0,273
Alanin	0,175	0,074	0,121
Tirozin	0,432	0,160	0,375
Valin	0,218	0,140	0,123
Fenil alanin + leucin	0,420	0,212	0,212

Az általunk vizsgált toxinkat a spórás baktériumok (SZTEPANOVA és FIS 1958. [52]), valamint sugárgombák és gombák (MIRCSINK és ASZEJEVA, 1959. [41]) termelték. Legrészletesebben tanulmányoztuk azokat a toxinokat, amelyeket a *Penicillium* nemzetség gombáinak tenyészeiteiből, kémiai tisztítással nyertünk. A táblázatban két preparátum kísérleti adatai vannak, egyik a „CYC”, amelyet a *P. cyclopium* termelt és a „PUR”, melyet a *P. purpurogenum* kultúrából különítettünk el.

Hasonló adatokat nyerünk más fitotoxinok esetében, melyeket baktériumok, sugárgombák és gombák szintetizálnak. Egyes mikroba eredetű toxikus anyagok szelektív, mások organotropikus hatást fejtenek ki a növényekre. Az előbbiektől közül egyik nagy hatással van a pázsitfű félékre (búza, kukorica), másik a pillangósokra (borsó, here), és ismét mások erősen gátolják a gyomok növekedését. Az utóbbiak különösen nagy figyelmet érdemelnek. A toxinok organotropikus hatása abban mutatkozik meg, hogy gátolják az egyes növényi szerveknek, egyes esetekben a gyökérnek, máskor a föld feletti résznek a növekedését (KRASSILNIKOV, 1958. [26], NORMAN, 1960. [43] és mások). Vannak olyan toxikus anyagok, amelyek a klorofill képződést akadályozzák. Ilyen esetekben a növényeknél jól megfigyelhető a klorózis, és néha teljesen meg is áll a klorofill szintézis folyamata. Ilyen anyagokat kaptunk a *Fusarium* gomba (KRASSILNIKOV és KUBLICKAJA 1956. [30], KUBLICKAJA 1955. [34], és néhány sugárgomba (KRASSILNIKOV, 1958. [26], LADÜGINA, 1960. [36], RUBIN, 1961. [48]) termékeként.

4. táblázat

Fitotoxinok hatása a búzaszövetek vitamintartalmára ($\mu\text{g/g}$ száraz anyag)

(1) Toxinok	(2) Vitaminok		
	Thiamin	Pantothensav	Biotin
Kontroll	3,6	34,7	0,7
<i>Penicillium cyclopium</i>	1,7	12,5	0,09
<i>Bacillus subtilis</i>	2,1	8,7	0,4
<i>Actinomyces griseus</i>	3,4	11,4	0,09

A toxinok hatására megfigyelhető a növények vitamintartalmának csökkenése. A *P. cyclopium* által termelt fitotoxin hatására a búzaszövetekben $1,7 \mu\text{g}$ thiamint, $12,5 \mu\text{g}$ pantothensavat, $0,09 \mu\text{g}$ biotint találtak 1 g szárazanyagra számítva; a kontrollban ezzel szemben a következő értékek voltak: $3,6 \mu\text{g}$ thiamin, $34,7 \mu\text{g}$ pantothensav és $0,7 \mu\text{g}$ biotin (4. táblázat).

Az említett anyagokat, melyek serkentő vagy gátló hatással voltak a növényekre, gyakran különlegesen előállított mesterséges viszonyok között kaptuk és tisztított preparátumok formájában alkalmaztuk.

Fel lehet tenni a kérdést, milyen biológiai szerepük van ezeknek az organizmusoknak a természetben, amelyek laboratóriumi körülmények között a fent említett fiziológiailag aktív anyagokat képezik.

Néhány kutató (WAKSMANN, 1959, 1961. [54, 55] és mások) tagadja a mikrobák által termelt aktív anyagcseretermékek biológiai jelentőségét azon az alapon, hogy ezek az anyagok a talajban nem szintetizálódnak. Mi ezzel nem tudunk egyetérteni. Sok éves kísérletünk bizonyítja, hogy mindezek a mikroorganizmusok, amelyek egyik vagy másik anyagcsereterméket laboratóriumi körülmények között előállítják, aktivitást mutatnak természetes szubsztrátumokban is. Ezeket alátámasztják az antibiotikumokkal, gibberellinokkal, toxinokkal és néhány más olyan vegyülettel végzett kísérletek is, amelyeket ugyancsak a talajmikroorganizmusok szintetizálnak (KRASZILNIKOV, 1958. [26]. HRISZTEVA, 1961. [18]).

Antagonista mikrobák megfelelő talajkörülmények között antibiotikus anyagokat képeznek, és felhalmozzák azokat a talajban kisebb vagy nagyobb mennyiségben, a talajtípustól és a klimatikus körülményektől függően. Megfelelő szerves anyagok jelenlétében nem steril természetes talajokban is képződnek antibiotikumok: streptomycin, aureomycin, terramycin, penicillin, subtilin, gliotoxin és mások, 1—3-től 100 egység/gramm mennyiségben. A mikro-

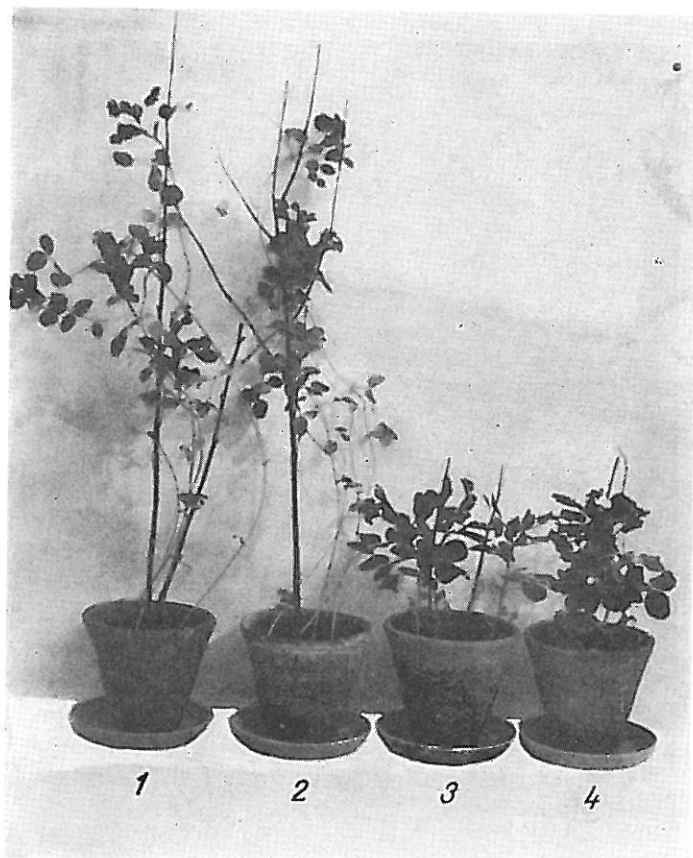
5. táblázat

Az antibiotikumok megmaradása a talajokban

(1) Talajtípus	(2) Kezelés	Streptomycin	Penicillin
a) Csernozjom	steril nem steril	12 nap (3) 10 nap	4 nap (3) 6 óra (4)
b) Szürke erdőtalaj	steril nem steril	12 nap 10 nap	5 nap (3) 5 nap
c) Gesztenyebarna	steril nem steril	12 nap 11 nap	10 nap (3) 12 óra (4)
d) Barnaföld	steril nem steril	4 nap 3 nap	— —
e) Vörösföld	steril nem steril	10 nap 10 nap	10 nap (3) 3 nap
f) Gyepes podzoltalaj erdő alól	steril nem steril	110 nap 110 nap	110 nap (3) 60 nap
g) Gyepes podzol szántóföld	steril nem steril	110 nap 60 nap	— —
h) Kertiföld	steril nem steril	10 nap 10 nap	— —

organizmusoknak a talajban történő antibiotikumtermeléséről számos közlemény jelent meg az irodalomban (WRIGHT, 1952 [56], BRIAN, 1957. [7, 8], STEVENSON, 1956. [50], GOTTLIEB, 1952. [16], HUDJAKOVA és ZUJEVA, 1961. [19], GEBGARDT, 1961. [14] és mások).

Az antibiotikumok megmaradhatnak a talajokban hosszabb időn keresztül, néhány órától néhány hétig, sőt egyes esetekben néhány hónapig is (5. táblázat).



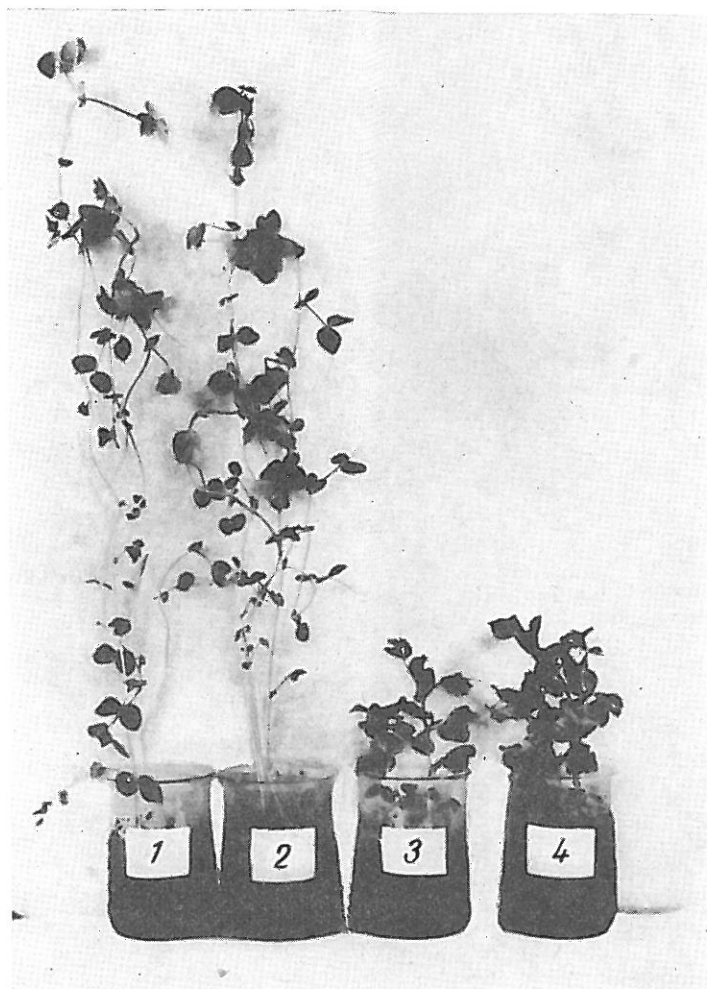
6. ábra

A talajban szintetizált gibberellin hatása a borsó növekedésére. 1. és 2. gibberellinnel kezelt. 3. és 4. Kontroll

Az antibiotikumok a növénybe a gyökéren keresztül jutnak be és egyenlően vagy egyenlőtlenül oszlanak el. Felhalmozódnak az egyes szervekben, néha jelentősebb mennyiségben is. (KRASSILNIKOV, 1958. [26], PRAMER, 1953—56. [45, 46] MISATO és mások, 1958. [42], MEHTA és GOTTLIEB, 1959. [40], valamint HUDJAKOVA és ZVJAGINCEV 1961. [21].)

Hasonló adatokat nyerünk gibberellinnel végzett kísérletekben is (6. ábra). Az utóbbi a talajban a *Fusarium fujikuroi* gombanemzetség, esetleg egyes baktériumok által szintetizálódik megfelelő körülmények között. Kísérleteinkben az organizmusok jól fejlődtek a talajokban: humuszos gyepes pod-

zol talajban, gesztenyebarna talajokban és csernozjomokban, melyekben a gibberellin észrevehető mennyiségben volt kimutatható. Különösen élénk volt ezekben a talajokban a gibberellin szintézis és az organizmusok növekedése, amikor a talajt szerves anyagokkal dúsították (cukor, alkohol, lucerna



7. ábra

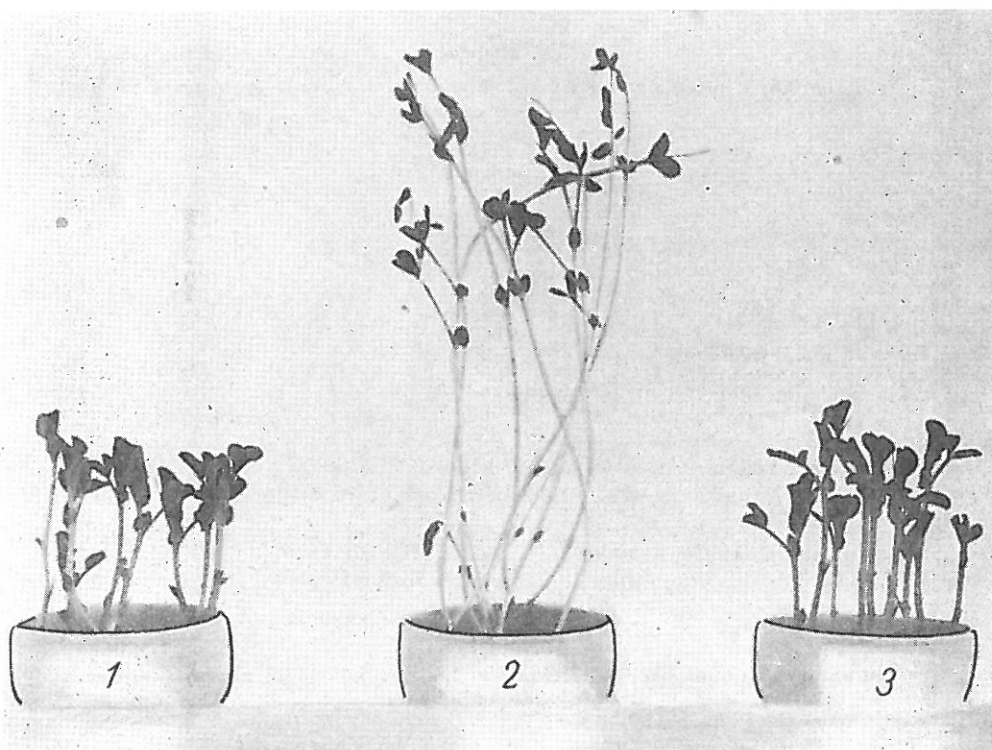
Fusarium sp. által termelt gibberellin hatása a borsó fejlődésére.
1 és 2 kezelt, 3 és 4 kontroll

és hereszénaliszt). Ilyen talajokban a bevitt mikrobák szaporodása után az elvetett borsó növekedése élesen kivált : a szár erősen megnyúlt, a levelek vékonyak, megnyúltak és gyengén zöldes színűek voltak (7. ábra). Általában minden növény teljesen hasonló képet mutatott, mint a tiszta gibberellin készítményekkel kezelt növények. A szerves anyagokkal dúsított és gombákkal beoltott talajokból vett növények analízise azt mutatta, hogy a szövetekben gibberellin nagyobb mennyiségben található. Ezekből a növényekből kapott

kivonattal csírázó borsómagvakat kezeltünk és megfigyeltük, hogy az utóbbi olyan jellegű növekedést mutatott, mint amelyet a tiszta gibberellin készítmény vált ki (8. ábra).

Fenti kísérletek azt bizonyítják, hogy a gibberellin a talajban szintetizálódik, és a gyökérrendszeren keresztül bekerül a növénybe, ahol különböző szövetekben található kisebb-nagyobb mennyiségben felhalmozódva.

Hasonló adatokkal rendelkezünk a talajban a biológiai úton történő toxinképzésre vonatkozóan is. A gombák, sugárgombák és baktériumok



8. ábra

(Gibberellinnel kezelt növényekből készült kivonat hatása a borsó növekedésére. 1. Kontroll (vízkultúra). 2. Gibberellinnel kezelt növények kivonatával kezelve. 3. Kontroll növények kivonatával kezelve)

növényi toxinokat képeznek, nemcsak mesterséges táptalajon, hanem a talajokban is. Speciálisan beállított kísérletekkel bizonyították, hogy a talajok toxinokkal való telítésének mértéke és a toxinképződés intenzitása különböző, és a mikroorganizmus fajtól, a talajtípustól és az évszaktól is függ. Saját kísérleteinkben érzékeny teszt mikrobát használva (*Azotobacter*) sikerült kimutatnunk a talajban 1—2-től 300-ig, sőt több egység toxin mennyiséget egy g talajra vonatkoztatva. A szerves anyagok bevitele a talajba (darált szalma vagy széna, ill. lucernagyökér formájában) fokozza az inhibitor mikrobák növekedését és ezzel együtt a toxin képződést is. Legjobbnak mutatkozott a széna bevitele a talajba.

A toxinok a talajból a gyökéren keresztül kerülnek a növénybe. A talajok magas toxinkoncentrációja esetén a növények gyengén fejlődnek, sőt néha el is pusztulnak. Legnagyobb toxinnennyiséget a gyökerekben határozták meg. Kis koncentráció esetén a növények fejlődése csak kevésbé marad vissza a kontrollhoz képest. Nagyon kis mennyiségeknél a növények nem különböznek szembetűnően a kontrolltól. A talajtoxinok ugyanúgy, mint ahogy a tisztított toxinok is, melyeket a gombakultúrákból nyertek gátló hatást gyakorolnak a növény biokémiai folyamataira, a nitrogén anyagcserére, a szabad aminosavak, vitaminok felhalmozódására, a klorofill szintézisre és más folyamatokra.

6. táblázat

Toxinnal kezelt talajon termett borsó levének hatása a búzacsíra növekedésére (cm-ben megadva)

(1) Kísérleti talaj	(2) A borsó föld feletti részének nedvével kezelve				(3) A borsó gyökérének nedvével kezelve			
	(4)				(4)			
	4. hét		7. hét		4. hét		7. hét	
	(5) levél	(6) gyökér	(5) levél	(6) gyökér	(5) levél	(6) gyökér	(5) levél	(6) gyökér
a) Toxin nélküli kontroll talaj	2,8	1,0	3,2	0,5	6,6	5,2	6,9	6,5
b) Toxin tartalmú talaj „CYC”	2,4	0,5	2,0	0,0	4,1	0,0	7,0	6,5
c) Toxin tartalmú talaj „PUR”	2,5	0,1	2,1	0,0	4,1	0,4	5,0	3,9

A felvett toxinok kémiai úton kivonhatók a növényi szövetekből és teszt mikrobával, vagy növényi növekedés alapján a mennyiségük pontosan meghatározható (6. táblázat).

Amint a táblázatból látható, a toxinok kezdetben a gyökerekben koncentrálnak, később átmennek a föld feletti részekbe, ahol többnyire nagyobb

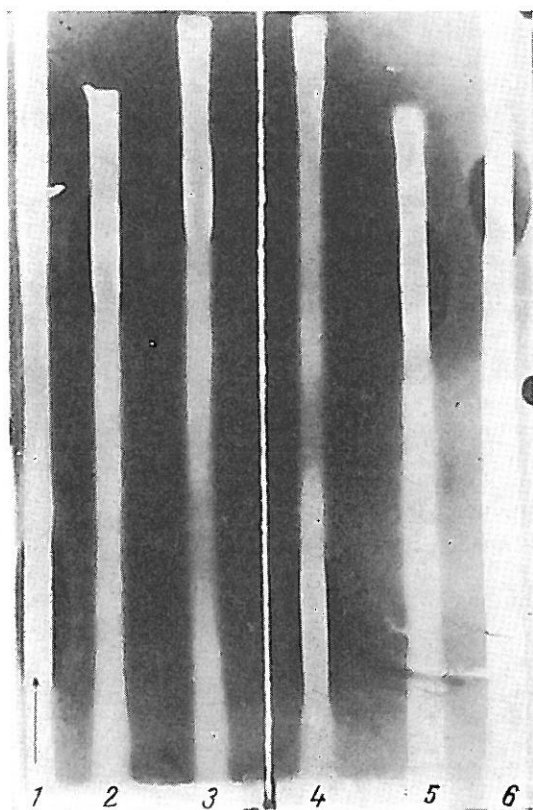
7. táblázat

Toxikus anyagok antimikrobiális spektruma a talajban, különböző növénytakaró alatt. Gyepes-podzol talaj

(1) Testorganizmus	(2) Talajkivonat			(3) Liziméter víz		
	(4) Nyírfá	(5) Luc-fenyő	(6) Erdi fenyő	(4) Nyírfá	(5) Luc-fenyő	(6) Erdi fenyő
Azotobacter chroococcum	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Staphylococcus aureus	+	+	+++	+++	+++	+++
Bacterium coli	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Bacterium digiosus	+++	+++	+++	+++	—	—
Mycob. violaceum	—	+	+	—	+++	+
Bacillus subtilis	+++	+++	+++	—	+	+
Bacillus mesentericus	+	+++	+++	+	+++	+
Bacillus mycoides	—	+	+	—	—	—
Actinomyces griseus	—	+	+	—	—	—
Actinomyces globisporus	++	—	—	—	+++	+++
Actinomyces violaceus	—	+++	+++	++	+++	+++
Actinomyces coelicolor	—	+++	+++	—	+++	+

menyiségben találhatók, mint a gyökérben. Átvándorolnak a gyökérből a szárba és a levélbe. A mikrobák által a talajokban képződő toxinok analízisét, kromatográfiás módszerrel, valamint biológiai úton végeztük el. A talajkivonatokat és a liziméter vizeket kémiai tisztításnak vetettük alá, majd papírkromatográfiás módszerrel elkülönítettük az egyes frakciókat, melyeket egymás között összehasonlítottunk. Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy a növényben található toxikus anyagok (kromatografikusan és mikrobagátló spektrum szerint meghatározva) egybevágnak azoknak a talajoknak toxinjaival, amelyekben a bevitt inhibitor mikroorganizmusok fejlődtek, de azokkal a toxinokkal is, amelyeket a mikroba kultúrák mesterséges táptalajon képeznek. (9. ábra).

A leírt módszerek felhasználásával összehasonlítottuk a különböző talajok toxinjait. Vizsgáltuk a Pamir fennsík talajait (primitív és magas hegyvidéki) csernozjomokat, gesztenyebarna és gyepes podzol talajokat. A talajból és a liziméteres vizekből nyert kivonatokat papírkromatográfiás módszerrel elkülönítettük el, amikor 1—3 foltot kaptunk, melyeket külön extraháltunk, és az egyes kivonatokat mikrobagátló analízisnek vetettük alá. A kapott adatok azt mutatják, hogy ezekben a talajokban a toxinok mind a kémiai összetételüket tekintve, mind pedig a biológiai spektrumokat tekintve különbözőek. A toxikus anyagok összetételére, amint a 7. táblázatból láthatjuk, befolyást gyakorol a növénytakaró is.



9. ábra

P. cyclopium toxinjának kromatogramja.
1—3. agar táptalajon; 4.—6. talajon. 1. Benzol, 2. Butanol, 3. Butanol + ecetsav. 4. Benzol. 5. Butanol. 6. Butanol + ecetsav

Anyagcseretermékek adszorpciója a talaj által.

A közölt adatok teljesen meggyőzően alátámasztják az előzőekben hangoztatott feltevést, hogy a mikroorganizmusok a talajban biológiailag aktív anyagcseretermékeket választanak ki, és a növények ezeket fel tudják venni.

Természetesen a mikrobák által létrehozott anyagoknak nem mindegyikét veszik fel a növények. Ezek egy része feltételezhetően inaktiválódik, azaz

különböző átalakulásoknak van kitéve, illetve a talajrészecskék által adszorbeálódik. A mikroba anyagcseretermékek adszorpciójának hatását kísérleteink folyamán mi is tanulmányoztuk. Kimutattuk, hogy az antibiotikus anyagok, gibberellin, toxinok, valamint az aminosavak a talajban különböző koncentrációban adszorbeálódnak az anyag természetétől, a talaj összetételétől és az évszaktól függően. Adott időszakban vizsgáltuk az antibiotikumnak, így a streptomycin, aureomycin, terramycin, subillin, penicillin és mások adszorpcióját a talajban. Ezek közül egyesek nagyobb mennyiségben, mások kisebb mennyiségben kötődnek meg. Egyik talaj erősen, a másik gyengén adszorbeál (KRASZILNIKOV, 1958. [31]). Ezeket az eredményeket HUDJAKOVA és ZUJEVA 1961. [20] megerősítették. Megállapították egy mély rétegű kilúgozott csernozjom és egy gyepes podzol talajban milyen mértékben kötődik meg a penicillin, aureomycin és streptomycin a különböző tényezők hatására. Az adataik szerint legnagyobb mennyiségben a streptomycin kötődik meg, kevésbé az aureomycin, míg a penicillin csak a podzol övezetben, a veteményes kert talajában kötődött meg. Gazdag humusztartalmú csernozjom talajok több antibiotikumot adszorbeálnak, mint a gesztenyebarna vagy podzolos talajok. A csernozjomok 1600–2000 egység streptomycint, 550–620 aureomycint kötnek meg, míg a penicillin adszorpcióját nem tudták kimutatni. A gyepes podzoltalajok 1000–1300 egység streptomycint, 450–730 egység aureomycint adszorbeálnak, de penicillin megkötést itt sem figyeltek meg. A veteményes kert talaja 1100 egység streptomycint, 100 egység aureomycint, ill. 190 egység penicillint köt meg 1 g talajra átszámítva. A különböző talajszintek különböző adszorbeáló képességgel rendelkeznek (8. táblázat).

A különböző genetikai szintek analízise a csernozjom talajnál (eredeti művelésbe nem vett csernozjom) teljesen hasonló eredményeket adott.

8. táblázat

Antibiotikumok adszorpciója a szántott gyepes podzol talaj különböző genetikai szintjeiben egység/gramm

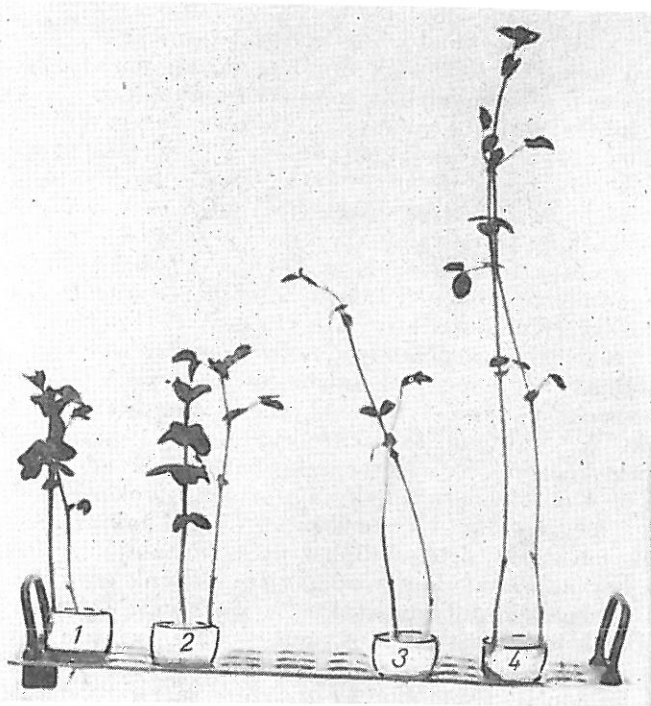
	(1) Talajszint és mélysége cm	Strepto- mycin	Aureo- mycin	Penicillin
A ₁	0–10	700	450	0
A ₂	10–40	300	400	0
A/B	40–50	1500	—	0
B ₁	50–90	2000	1100	0
B ₂	95–150	2000	850	0

antibiotikumok közül jelentősen kevesebbet adszorbeál, mint a kezeletlen talaj. Így például kontroll talaj (csernozjom, Krasnojarszki terület) 5500 egység/g streptomycint köt meg az A₁ és A₂ szintben és 3500 egység/g-ot a B₂ és B₃ szintben. Hidrogenperoxiddal való kezelés után ezek a minták a következő mennyiséget kötötték meg: 1700–1800 az A₁ és A₂ szintben, és 2600–2900 egység/g a B₂ és B₃ szintben. Amikor az átmosott talajt összekeverték a korábban eltávolított huminsavval, helyreállt az előzetes adszorbeálóképesség és 3000–4500 egység/g kötött meg az A₁ és A₂ szintekben.

streptomycint jobban megkötik a mélyebben fekvő szintek (2000–2500 egység/g), mint a felsők (1500–1800 egység/g). A talaj B₂, B₃ szintje 2000, az A₁, A₂ szint 600–700 egység/g aureomycint kötött meg. A csernozjom talajok B₂ és B₃ szintje 400–600 egység/g penicillint köt meg, míg a felső szintek gyengén vagy egyáltalán nem kötik meg a penicillint. Hudjakova kísérletei bebizonyították, hogy a talajok adszorbeációs képessége jelentős mértékben a humusztartalom függvénye. Minél több a humusz, annál több mikroba anyagcseretermék kötődik meg. A csernozjom talaj a humusz H₂O₂-al történő eltávolítása után (Gedroic módszere) a fenti

A talaj sterilizációja után valamivel kevesebb antibiotikum kötődik meg, mint a nem steril talajokban. Az antibiotikumoknak a talajrészecskék által történő adszorbeációjával kapcsolatos adatok teljesen egybeesnek a gibberellin- és toxinokkal végzett kísérletek eredményeivel. Ugyanúgy mint az antibiotikumok, a gibberellin és toxinok is különböző mértékben adszorbeálódnak az egyes talajtípusokban. Az adszorbeáció egyes esetekben annyira erős lehet, hogy az adszorbeált anyagok vízzel nem mosódnak ki. Az utóbbi anyagokkal kezelt különböző talajokban (csernozjom, podzol, szerozjom) a tízszeres vizes átmosás után is kimutathatók a toxinok és a gibberellin a talajrészecskék felületén. A talajon maradó adszorbeált anyagcseretermékeket csak biológiai módszerrel lehet kimutatni. Így pl. az antibiotikumok kimutathatók teszt-mikrobák lassított növekedése vagy a növekedés teljes gátlása útján. Ez különösen jól látható az általunk kidolgozott fluorescens mikroszkóp módszer alkalmazásával (KRASSILNIKOV és ZVJAGINCEV, 1958. [31], ZVJAGINCEV, 1959—61. [57, 58], HUDJAKOVA és ZVJAGINCEV, 1961. [21]). A talajmorzsákra vitt mikroba sejtek (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* stb.) az adszorbeált antibiotikum jelenlétében nem növekednek.

Az adszorbeált gibberellin jól kimutatható borsócsíra alkalmazásával. Az utóbbi ugyanis észrevehetően reagál a kimosás után a talajban visszamaradt kis mennyiségű gibberellinre és jellegzetes növekedést mutat, azaz a szártagok megnyúlnak, a levelek pedig etiolálódnak (10. ábra).



10. ábra

A talaj által megkötött gibberellin aktivitása. 1. és 2. Borsó gibberellin nélkül. 3. Gibberellin kezelés és a talaj átmosása vízzel. 4. Gibberellin kezelés a talaj átmosása nélkül

Az adszorbeált toxinok egyrészt teszt mikrobákkal (*Azotobacter* stb.), másrészt érzékeny növényekkel mutathatók ki. Mindkét esetben az organizmusok gyengén növekednek. A kísérletek azt bizonyítják, hogy a talajrészecskék felületén minden valószínűség szerint az összes mikroorganizmus eredetű anyagcseretermékek, így aminosavak, vitaminok, enzimek, különböző hormonok és egyéb más anyagok is erősen megkötődhetnek. Ezeknek az anyagoknak megkötési foka különböző, a talaj kémiai sajátosságaitól és természetétől függően. Ugyanaz az anyag, pl. a gibberellin a humuszos csernozjom talajból nehezebben mosódik ki, mint a gyepek podzolból, azaz vízzel történő átmosás után a csernozjomban több marad vissza, mint a podzolokban (KRASSILNIKOV, 1958. [26]. HUNJAKOVA és ZUJEVA, 1961. [10], BRADEUTE és MCLAREN, 1962. [6]) kimutatták, hogy a növényi gyökerek bonyolult fehérje molekulákat is felvesznek még 60 000-es molekulatúlyal is. Fluoreszcenciás és izotóp módszerek alkalmazásával megállapították, hogy a haemoglobin, lizocin és ribonukleáz viszonylag gyorsan behatol a sejt belsejébe és széteszik a plazmában megfelelő formában. Amint a fentiekből látható, a mikroba anyagcseretermékek közvetlen kapcsolatban vannak a talajjal, amelyben képződnek, felhalmozódnak, gyakran több-kevesebb ideig megkötődnek, és jelenlétükkel határozott sajátosságokat kölcsönöznek magának a talajnak. A toxinok nagyobb mennyiségű felhalmozódása esetében a talaj meghatározott toxikus sajátosságokat mutat. Az ilyen talajokban a növények gyengén fejlődnek, esetleg el is pusztulhatnak, csökken a termés mennyisége és romolhat annak minősége. A mikroba anyagcseretermékek felhalmozódása által kiváltott toxikózis jelensége sok talajban megfigyelhető. Saját vizsgálataink adatai azt mutatják, hogy a toxikus anyagok kimutathatók mind a gazdag humusztartalmú csernozjomokban, mind a gesztenyebarna talajokban, mind pedig a szerozjomokban; kémhatást tekintve, mind a savanyú, mind a semleges, mind pedig a gyengén lúgos talajokban. A toxikózis legerősebben a gyepek podzol talajokban és a krasznoszjomokban figyelhető meg. Egyes esetekben a toxikózis olyan jelentős, hogy a toxinérzékeny növények növekedése meglassul, csaknem teljesen megáll a mag csírázása is. Ilyen talajokban megfigyelhető a toxinképző mikrobák (inhibitorok) jelentős felhalmozódása. Tehát az inhibitor mikrobák tömeges növekedése eredményeképpen a talaj megmérgeződik (talajuntság) a toxikus anyagok hatására (KRASSILNIKOV és GARKINA, 1948. [28]).

Amint a talajban az antagonista mikroorganizmusok nagyobb mennyiségben elszaporodnak, végbemegy az antibiotikus anyagok felhalmozódása. Ezek az anyagok specifikus hatást okoznak, melyet mesterséges táptalajokon is megfigyelünk. Az antagonista mikroorganizmusok hatást gyakorolnak a mikrobacönózis képződésére. Egyes mikroba fajok az adott társulásban fejlődésükben gátolva és fékezve vannak, míg mások ellenkezőleg erősen fejlődnek.

Gyakran megfigyelhető a növényi kórokozónak az antagonista mikroorganizmusok hatására történő kipusztulása a talajból. Így pl. a gyapot baktériumos hervadásának kórokozója vizsgálataink szerint eltűnik a talajból, mielőtt a megfelelő antagonisták (*Ps. mycolitica* stb.) szaporodni kezdenek. Az utóbbiak fejlődését jelentős mértékben elősegíti a lucerna és néhány más növény. Ezek rizoszférájában az adott baktériumok megfelelő körülmények között fejlődnek. Ily módon az antagonista mikroorganizmusok anyagcseretermékeiken keresztül megtisztítják a talajt a kórokozóktól. Ugyanígy elpusztítják a talajban az emberi és állati megbetegedéseket kiváltó mikroorganizmusokat is (KRASSILNIKOV, 1958. [26]).

Az itt ismertetett adatok azonban a mikroorganizmusok növényekre gyakorolt hatásának csak egyes oldalait fejezik ki. A természetben a mikrobiológiai tényezők szerepe a magasabb rendű növények életében jóval változatosabb és bonyolultabb. A serkentő és gátló mikrobák tevékenysége az antagonisztikus és metabiotikus sajátságok bonyolult összefüggéseit hozza létre. A harc eredményeképpen meghatározott mikrobacönózis jön létre. A cönózis faji összetétele ugyancsak változik a talajkörülményektől és a művelődési módtól, a trágyázástól, a növénytakarótól, stb. függően. A talaj élő szervezeteit úgy kell tekintenünk, mint a talajtermékenység fontos tényezőit.

Összefoglalás

A talajban élő mikroorganizmusok nemcsak elbontják a talaj szerves anyagait, hanem anyagcseretermékekkel közvetlenül is hatást gyakorolnak a növényekre. A mikroba anyagcseretermékek közül igen fontos jelentőségük van a különböző vitaminoknak, aminosavaknak, gibberellinnek és egyéb növényserkentő anyagoknak, valamint az antibiotikus anyagoknak és toxinoknak.

Az alacsonyabb rendű növényekkel (*Lemna minor*) folytatott kísérletek azt mutatták, hogy azok steril körülmények között gyengébben fejlődnek és kevésbé életképesek, mint meghatározott mikrobafajok jelenlétében.

A gibberellin nemcsak a növekedést aktivizálja, hanem a növényi szövetekben lejátszódó biokémiai folyamatokat, s ezeken keresztül a növény fejlődésének jellegét is befolyásolja.

Az antagonista mikroorganizmusok megvédik a növényeket a kórokozó gombák és baktériumok káros hatásától. Az antagonista mikrobák által termelt antibiotikus anyagok a növényi szövetekbe jutva emelik annak a betegségekkel szembeni ellenállóképességét.

A mikroorganizmusok által termelt toxikus anyagok a talajban bizonyos körülmények között felhalmozódhatnak, és a növényekbe jutva gátolják a szövetekben lejátszódó egyes biokémiai folyamatokat, és ezen keresztül megállítják a növény fejlődését. Az egyes növényfajok különbözőképpen reagálnak a toxinok jelenlétére.

Érkezett : 1962. június 15.

Irodalom

- [1] ANGSTEN, H.: Der Einfluss der Gibberellinsäure auf die Entwicklung und den Stoffwechsel von *Ficaria verna*. *Hund. Ber. Dtsch. Bot. Ges.* **74**. 149. 1961.
- [2] BACHRACH, U. & COHEN, I.: Spermidine in the bacterial cell. *J. Gen. Microbiol.* **26**. 1—9. 1961.
- [3] BENTLEY, I.: Plant hormones in marine phytoplankton, zooplankton and sea water. *J. Mar. Biol. Ass. UKV* **30**. (3) 43. 1960.
- [4] BILAJ, V. I.: *Fuzarii*. Izd. AN USSR. Kiev. 1955.
- [5] BILAJ, V. J., VERNER, D. O., BONDARCSUK, A. A. et al.: Sztimuljatori rosztu rosztlin ta dejaki insi metaboliti *Fusarium moniliforme* Sheld. *Mikrobiologicsnij Zs.* **22**. (6) 39—47. 1961.
- [6] BRADEUTE, O. & McLAREN, A.: Uptake of enzyme molecules by plant roots. *Inform. Techn. Microbiol. du Sol.* (1) 5. 1962.
- [7] BRIAN, P.: Effects of antibiotics on plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **8**. 413. 1957.
- [8] BRIAN, P. & GROVE, I.: Gibberellic acid. *Endeavour.* **16**. 161. 1957.

- [9] BRIAN, P., HEMING, H. & LOVE, D.: Inhibition of rooting of cuttings by gibberellic acid. *Ann. Bot.* **24**. 407. 1960.
- [10] BURGER, K. & BUKATSCH, E.: Über die Wuchsstoffsynthese im Boden freilebender stickstoffbindender Bakterien. *Zbl. Bakteriologie*. **111**. 1—28. 1958.
- [11] CSAJLAHJAN, M. H.: Vlijanie gibberellinov na roszt i razvitie rasztenij. *Botan. Zs.* **43**. (7) 12. 1958.
- [12] CSAJLAHJAN, M. H.: Gibberellinü rasztenij. *Izd. AN SSSR. Moszkva*. 1961.
- [13] CSAJLAHJAN, M. H. & KOCSEKOV, V. G.: Vlijanie gibberellina na roszt i cvetenie dekorativnih kultur. *Izv. AN SSSR. Szer. Biol.* (1) 3. 1961.
- [14] GEBGARDT, A. G.: Rol' mikrobov v nakoplenii vitaminov v pocsvah i posztuplenie ih v rasztenija. *Tr. Inszt. Mikrobiol.* **11**. 292. 1961.
- [15] GILJAROV, M. Sz.: Razvitie i zadaci pocsvanno-zoologiceszkikh issledovanij. *Tr. Konf. mikroorg. pocsvü i ih rol' v urozsajnoszti rasztenij. Izd. MGU. Moszkva*. 11. 1961.
- [16] GOTTLIEB, D.: The production and role of antibiotics in the soil. *Phytopathology* **42**. 493. 1952.
- [17] HEPDEN, P. & HAWKER, L.: A volatile substance controlling early stages of Zygosporangium formation in *Rhizopus sexualis*. *J. Gen. Microbiol.* **24**. 155. 1961.
- [18] HRISZTEVA, L. A.: Fiziologiceszkaja rol guminovüh kyszlot i nekotörüh vitaminov v szizni rasztenij. *Tr. Inszt. Mikrobiol.* **11**. 34. 1961.
- [19] HUDJAKOVA, Ju. A. & ZWEVA, I. N.: Pogloscsenie pocsvami antibioticeszkikh vcsescsztv. *Tr. Konf. Primen. Antibiotikov v Rasztenievodsztve. Izd. AN ArSSSR. Jerevan*. 1961.
- [20] HUDJAKOVA, Ju. A. & ZWEVA, I. N.: Pogloscsenie i aktivnoszt' gibberellinopodobnih vcsescsztv v pocsvah. *Tr. szovcses. Itogi i zadaci isszled. roli mikroorganizmov i ih produktov sziznedejatelnoszti v pitanii rasztenij. Izd. AN SSSR. Moszkva*. 1961.
- [21] HUDJAKOVA, Ju. A. & ZVJAGINCEV, D. G.: K voproszu o vlijanii mikroflörü rizoszförü i nekotörüh mikrobnüh metabolitov na roszt rasztenij. *Dokl. na Mezsvuzov. Konf. Univ. Sz/h. Teziszü. Izd. MGU*. **3**. 51. 1961.
- [22] KATARJAN, T. G., DRBOGLAV, M. A. & DAVIDOVA, M. V.: Vlijanie gibberellinovojo kyszlotü na raznüh szorta vinograda. *Fiziol. Raszt.* **7**. 345. 1960.
- [23] KATARJAN, T. G., CSAJLAHJAN, M. H. et al.: Vlijanie gibberellina na plodonosenie raznüh szortov vinograda. *Dokl. na Konf. Itogam Rabot sz Gibberellinami. Izd. AN SSSR. Moszkva*. 1961.
- [24] KLINKOWSKI, M.: Die Antibiotika und ihre Bedeutung in der Phytopathologie. *Steinkopff, Leipzig*. 1954.
- [25] KOTELEV, V. V. & GARKOVENKO, A. I.: Posztuplenie foszföra v kletki mikroorganizmov i peredacsja ego rasztenijam metodom P^{32} . *Izv. Moldavszk. F. AN SSSR*. (1) 15. 1954.
- [26] KRASILNIKOV, N. A.: Mikroorganizmü pocsvü i vüszsie rasztenija. *Izd. AN SSSR. Moszkva*. 1958.
- [27] KRASILNIKOV, N. A.: Mikrobü-producentü gibberellinov i gibberellinopodobnih vcsescsztv. *Tr. Konf. po gibberellinami. Izd. AN SSSR. Moszkva*. 1961.
- [28] KRASILNIKOV, N. A. & GARKINA, N. P.: Mikrobiologiceszkie faktorü utomlenija pocsv. *Mikrobiologija* **17**. (4) 18. 1948.
- [29] KRASILNIKOV, N. A. & KOTELEV, V. V.: Vlijanie pocsvennüh bakterij na uszvoenie rasztenijami szoedinenij foszföra. *Dokl. AN SSSR*. **110**. (5) 57. 1956.
- [30] KRASILNIKOV, N. A. & KUBLICKAJA, M. A.: Mikrobnüe toxinü i antitoxinü v obrazovanii hlöröza u vinogradnoj dozü. *Dokl. AN SSSR*. **110**. (4) 46. 1956.
- [31] KRASILNIKOV, N. A. & ZVJAGINCEV, D. G.: Primenenie fluorescszentnoj mikroszkopii v otracsennom szvete dlja izucszenija pocsvennoj mikroflörü. *Dokl. AN SSSR*. **123**. (2) 42. 1958.
- [32] KRINGSTAD, H., BUSENGDAL, H. & RASCH, S.: Effect of gibberellic acid on barley during malting. *J. Inst. Brewing* **71**. (6) 142. 1960.
- [33] KRUGER, W.: Die Konzentrationsbestimmung von Penicillin und Streptomycin in Tomatenpflanzen. *Phytopath. Z.* **42**. (2) 17. 1961.
- [34] KUBLICKAJA, M. A.: Parazitarnüj hlöröz vinogradnoj lozü v Szrednej Azii. *Disszertacija. Taskent*. 1955.
- [35] KUCSAEVA, A. G.: Primenenie antibiotikov protiv naszekomühvreditelej rasztenij. *Tr. szovcscsanija po primeneniju antibiotika v rasztenievodsztve. Izd. AN ArSSSR. Jerevan*. 1958.

- [36] LADÜGINA, M. E.: O prirode dejstvija sztreptomicina na zelenenie rasztenij. Disszertacija. Moszkva. 1960.
- [37] LINSER, H. & KIERMAYER, O.: Methoden zur Bestimmung pflanzlicher Wachststoffe. Springer. Berlin. 1957.
- [38] LOCHHEAD, A.: Soil bacteria and growth-promoting substances. Bacteriol. Rev. **22**. (3) 54. 1958.
- [39] MARTIN, J.: Fungi and nematodes in South African citrus orchard soils in relation to the citrus replant problem. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **24**. 469. 1960.
- [40] MEHTA, P., GOTTLIEB, D. & POWEL, D.: Vancomycin a potential agent for plant disease prevention. Phytopathol. **49**. (4) 177. 1959.
- [41] MIRCSINK, T. G. & ASZEJEVA, I. V.: Gribü kak faktor toksziesnoszti dernovo-podzolisztöj pocsvü razlicnoszj sztepeni okulturnoszti. Naucs. Dokl. Viszs. Skoli Biol. Nauk (2) 22. 1959.
- [42] MISATO, T., ASAKAWA, M. & FUKUNAGA, K.: Translocation of antibiotics in plants. Ann. Phytopath. Soc. Japan **23**. 181. 1958.
- [43] NORMAN, A.: The action of duramycin on plant roots. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **24**. 109. 1960.
- [44] OGAWA, Y., SHUN-ICHIRO & IMAMURA: Über die fördernde Wirkung von Gibberellin auf die Blütenbildung einer Kurztagpflanze Pharbitis Nilchous. Proc. Japan Acad. **34**. (9) 629. 1958.
- [45] PRAMER, D.: Observations on the uptake and translocation of five Actinomycetes antibiotics by cucumber seedlings. Ann. Appl. Biol. **40**. (4) 17. 1953.
- [46] PRAMER, D.: Absorption of antibiotics by plant cells. Arch. Biochem. Biophys. **62**. (2) 37. 1956.
- [47] RAPER, J.: Hormones and sexuality in lower plants. Symposia Soc. Exp. Biol. **1**. 143. 1957.
- [48] RUBIN, B. A. & LADÜGINA, M. E.: O prirode dejstvija nekotörüh antibiotikov na vüszsie rasztenija. Uszp. Szovr. Biol. (4). 1. 1961.
- [49] STARKEY, R.: Interrelations between microorganisms and plant roots in the rhizosphere. Bacteriol. Rev. **22**. (3) 76. 1958.
- [50] STEVENSON, I.: Antibiotic activity of Actinomycetes in soil as demonstrated by direct observation techniques. J. Gen. Microbiol. **15**. 372. 1956.
- [51] SZOPRUNOV, F. F. & SZOPRUNOVA, N. JA.: O vzaimootnosenijah mezsdu hiscsnimi pocsvennimi gribami i nematodami. Mikrobiologija **21**. 23. 1952.
- [52] SZTEPANOVA, L. N. & FIS, E. M.: O tokszieseszkih bakterijah v dernovo-podzolisztüh pocsvah. Izv. AN SSSR. Szer. Biol. (3) 361. 1958.
- [53] TENDENTNIK, JU. JA.: Experimentálnaja razrubotka biologicesezskovo metoda borbü sz patogennümi nematodami. Disszertacija. Ashabad. 1957.
- [54] WAKSMAN, S.: The Actinomycetes. Williams & Wilkins. Baltimore. 1959.
- [55] WAKSMAN, S.: The role of antibiotics in nature. Perspectives in Biology and Medicine. **4**. (3) 271. 1961.
- [56] WRIGHT, I.: Production of gliotoxin in unsterilized soil. Nature **170**. 672. 1952.
- [57] ZVJAGINCEV, D. G.: Opüt primenenija fluoreszcennoj mikroszkopii dlja izucszenija pocsvennüh mikroorganizmov. Naucs. Dokl. Viszsej. Skolü Biol. Nauki **2**. 212. 1959.
- [58] ZVJAGINCEV, D. G.: Izucsenie pocsvennoj mikroflörü pri pomosci fluoreszcennoj mikroszkopii. Tr. Konf. sz/h i Pocsv. Mikrobiol. Izd. AN ÜzbSSR. Taskent. 1961.

О роли микроорганизмов в жизни растений

Н. А. КРАСИЛЬНИКОВ

Кафедра Почвенной Биологии Биолого-почвенного Факультета Государственного Университета им. Ломоносова, Москва

Резюме

В изложенном материале показаны отдельные стороны действия почвенных микроорганизмов на растения. Здесь освещены в сжатом виде два вопроса: а) роль микроорганизмов в дополнительном питании растений и б) непосредственное влияние продуктов их метаболизма на рост и развитие растений.

1. По первому разделу было показано, что микробы не только подготавливают пищу для растений, минерализуя растительные и животные остатки в круговороте веществ, но подкармливают их непосредственно своими продуктами метаболизма. Среди последних особое значение имеют биологически активные вещества — витамины, аминокислоты, гиббереллины и другие факторы роста. Эти вещества придают растениям особые свойства, не только улучшают их рост, но и повышают качество урожая.

2. Растения под влиянием микроорганизмов имеют в своих тканях несколько иной состав аминокислот, витаминов и, надо полагать, ряда других соединений, влияющих на качество урожая. На опытах с нисшими растениями (*Lemna minor*) показано, что последние в стерильных условиях роста развиваются слабее и становятся менее жизненными, чем при росте с определенными видами микробов.

По второму разделу представлены некоторые данные о воздействии на растения отдельных микробных метаболитов-гиббереллинов, антибиотиков, токсинов. Эти вещества оказывают сильное влияние на рост растений.

3. Гиббереллины не только активизируют рост и некоторые биохимические процессы в тканях, но меняют характер развития растений.

4. Антибиотики и их продуценты, микробы-антагонисты защищают растения от фитопатогенных форм бактерий и грибов, они повышают иммунно биологические свойства растений. Затем микробы-антагонисты своими метаболитами способствуют оздоровлению почв, подавляя развитие и накопление микробов сорняков при соответствующих климатических условиях и агротехники почв. Антибиотики являются средством лечения больных растений.

5. Токсины или фитотоксины оказывают большое отрицательное влияние на растения, они угнетают рост и развитие, а равно и некоторые биохимические процессы — накопление аминокислот, витаминов и пр. Высокие концентрации токсинов могут полностью подавить рост растений и прорастание семян или, например, синтез хлорофилла у злаков, виноградной лозы и некоторых других растений. Отмечается некоторая специфика действия токсинов: одни виды растений сильнее реагируют на токсин, другие слабо или вовсе не реагируют на него, но проявляют чувствительность к другому токсину.

6. Токсины, как и другие микробные метаболиты, образуются бактериями, грибами и актиномицетами непосредственно в почве. Там они при соответствующих условиях могут накапливаться и вызывать их токсикоз. Явления токсикоза широко распространены в разных почвах и имеют большое значение в плодородии почв.

Табл. 1. Влияние микробных препаратов на рост и урожай растений. Опыт в вегетационных сосудах. (В гр на 10 растений). (1) Препараты. (2) Горох. (3) Кукуруза. (4) Пшеница. (5) Салат. (6) Фасоль.

Табл. 2. Влияние активаторов на образование и накопление сахаров и азотистых веществ в тканях гороха. В % на сухой вес. (1) Опыт. (2) Сумма сахаров. (3) Редуцированные сахара. (4) Полисахара. (5) Азот общий (6) Азот аминокислот (7) Азот белковый.

Табл. 3. Влияние фитотоксинов, образуемых грибами рода *Penicillium* на состав аминокислот в тканях гороха. (1) Аминокислоты. (2) Контроль. (3) Токсин «сус». (4) Токсин «риг».

Табл. 4. Влияние фитотоксинов на содержание витаминов в тканях пшеницы мг на 1 г сухой массы. (1) Токсины. (2) Витамины.

Табл. 5. Длительность сохранения антибиотиков в почвах, в днях. (1) Почвы, (а) чернозем, в) серая лесная, с) каштановая, d) бурозем, е) красноцветная, f) дерново-подзолистая лесная, g) дерново-подзолистая пашня, h) огородная. (2) Варианты: стерильный, не стерильный. (3) Суток. (4) Часов.

Табл. 6. Влияние сока гороха, выросшего на почве с токсином, на рост проростков пшеницы. Длина в см. (1) Почвы опытные. а) Почва контрольная без токсина. в) Почва + токсин «сус». с) Почва + токсин «риг». (2) Сок из надземных частей гороха. (3) Сок из корней гороха. (4) Возраст проростков: 4 или 7 недельные. (5) Листья. (6) Корни.

Табл. 7. Антимикробный спектр токсических веществ в почве под разным растительным покровом. Почва дерново-подзолистая. (1) Тест-микробы. (2) Экстракты из почв. (3). Лизиметрические воды. (4) Березняк. (5) Ельняк. (6) Сосняк.

Табл. 8. Поглощение антибиотиков почвой разных генетических горизонтов. Почва дерново-подзолистая, пашня. Число ед. в 1 гр. (1) Горизонт и глубина в см.

Рис. 1. Стимулирующая роль препарата *Pseudomonas aurantiaca* на фасоль. 1. Семена намочены H_2O , опрыскивание H_2O 2. Семена намоч. Ps. aur. опрыск. H_2O . 3. Семена намоч. H_2O , опрыск. Ps. aur. 4. Семена намоч. Ps. aur. опрыск. Ps. aur.

Рис. 2. Влияние препарата *Fusarium* на развитие растений. 1, 2. — препарат Г₂; 3, 4 — контроль.

Рис. 3. Интенсивность заражения раком картофеля. 1. Контроль. 2. Картофель обработан антибиотиком.

Рис. 4. Действие антибиотика на опухоль, образовавшуюся на стебле растения. 1. До обработки, 2. После обработки.

Рис. 5. Действие токсинов на рост пшеницы. а) контроль, семена обработаны водой. б) действие слабого токсина *Bacterium* sp., в) действие слабого токсина *Act. griseus*, г) сильно действующий токсин *P. cyclopium*.

Рис. 6. Перегнойная почва, гиббереллин внесен в почву под горох. 1, 2. — с гиббереллином, 3, 4. — контроль.

Рис. 7. Влияние гиббереллина, продуцированного *Fusarium* sp. в почве на развитие гороха. 1, 2. — обработка *Fus.* сосуды, 3, 4 — контроль.

Рис. 8. Наличие активного гиббереллина в тканях стимулированного растения. Горох выращен, 1. на воде, 2. на водной вытяжке из тканей стимулированного растения, 3. на водной вытяжке из тканей контрольного растения.

Рис. 9. Хроматограмма токсина *P. cyclopium* 1—3. на агаре, 4—6. в почве. 1, 4. — бензол, 2, 5. — бутанол, 3, 6 — бутанол + уксусная кислота.

Рис. 10. Активность гиббереллина, поглощенного почвой. 1, 2. — рост гороха без гиббереллина. 3. — рост в почве с гиббереллином после промывки водой. — 4. рост в почве с гиббереллином, без промывки водой.

The Role of Microorganisms in the Life of Plants

N. A. KRASSILNIKOV

Soil Biology Department, Faculty of Biology and Soil Science, National Lomonosov University, Moscow, S.S.S.R.

Summary

Two main problems were briefly discussed in the paper: a) the supplementary role of microorganisms in the nutrition of plants, and b) the direct effect of the metabolites of microorganisms on plant growth and development.

1. It was shown that not only primary nutrients are supplied to plants by microorganisms through the mineralization of plant and animal residues in the soil, but also the special metabolites of microorganisms might play a significant role in plant nutrition. Biologically active compounds, like vitamins, amino acids, gibberellins and other growth substances also belong to the latter group. These materials control plant growth to some extent and do not only promote plant growth but also improve the quality of the crop.

2. Amino acids, vitamins, and certainly also other types of active metabolites not produced by plant tissues might be supplied by microorganisms and their presence in the tissues certainly affects plant growth and development. Experiments made with *Lemna minor* have demonstrated that the growth of this plant is inhibited under sterile conditions, and that normal growth and vitality is restored by inoculation of the nutrient with certain microorganisms. Some data have been shown in chapter II demonstrating the effects of some microbial metabolites, gibberellins, antibiotics, and toxins on plant growth.

3. Gibberellins do not simply promote plant growth. Plant metabolism is altered by gibberellins and, in consequence, also the character of growth.

4. Antagonistic microorganisms and the antibiotics produced by them control the growth of fungus and bacterial pests of plants. Antibiotics produced by such microorganisms increase the disease resistance of plants, and sterilize the soil promoting, at the same time, the growth of useful microorganisms. Diseased plants can be cured with antibiotics.

5. Toxins and phytotoxins inhibit plant growth, that is, plant metabolism (e. g. the synthesis of amino acids or vitamins) supporting growth. Higher concentrations of toxins might completely inhibit plant growth and development, for instance seed germination, or chlorophyll synthesis in cereals, vine and some other species. In some cases the effect of toxins is specific, some plant species being strongly affected while others are more or less resistant.

6. Toxins, like other metabolites of bacteria, fungi, and *Actinomyces* can accumulate in the soil under certain conditions, and this leads to toxicoses. Toxicosis is a rather frequently occurring phenomenon in soils and it plays a dominant role in determining soil fertility.

Captions

Table 1. Effect of some microbial preparations on growth and yield of various crops (weight of 10 plants in grams). (1) Preparation. (2) Pea. (3) Maize. (4) Wheat. (5) Lettuce. (6) Bean.

Table 2. Effect of some activators on the synthesis and accumulation of sugars and N-compounds in pea tissues (% dry wt.). (1) Experiment. (2) Total sugar. (3) Reducing sugar. (4) Polysaccharides. (5) Total-N. (6) Amino acid. (7) Protein.

Table 3. Effect of phytotoxins produced by fungi on the amino acid composition of pea tissues. (1) Amino acid. (2) Control. (3) Toxin eye. (4) Toxin pur.

Table 4. Effect of some phytotoxins on the vitamin content of wheat tissues (mg. per kg. dry wt.). (1) Toxin. (2) Vitamin.

Table 5. Stability of antibiotics in the soil. (1) Soil type. a) Chernozem, b) grey, forest soil, c) chestnut-brown soil, d) brown soil, e) red soil, f) podsol-type forest soil, g) podsol-type field soil, h) garden soil. (2) Treatment: sterile, not sterile. (3) Day. (4) Hour.

Table 6. Effect of the juice of pea plants grown on toxintreated soil on the development of wheat seedlings. (1) Experimental soil: a) untreated control, b) toxin-treated soil, „eye”, c) toxin-treated soil, „pur”. (2) Treated with the juice of above-ground parts of pea plants. (3) Treated with the juice of root tissues. (4) Week. (5) Leaf. (6) Root.

Table 7. Antimicrobial spectrum of some toxins in the soil with different plants. Podsol-type lawn soil. (1) Test organism. (2) Soil extract. (3) Lysimeter water. (4) Birch. (5) Spruce. (6) Pine.

Table 8. Adsorption of antibiotics by the genetic horizons of the soil. Ploughed podsol-type lawn soil. (Values: units adsorbed per g. soil.) (1) Soil horizon (depth in cm.).

Fig. 1. Growth effects of *Pseudomonas* filtrates on bean plants. From left to right: 1. Water-treated seeds and water sprayed plants. 2. Seeds treated with the culture filtrate of *P. aurantiaca* and water sprayed plants. 3. Water treated seeds and *Ps. aur.* sprayed plants. 4. Seeds and plants treated with the culture filtrate of *P. aurantiaca*.

Fig. 2. Growth effects of *Fusarium* filtrates. 1. and 2. *G.* filtrate. 3. and 4. control.

Fig. 3. Potato treated with antibiotic in solution. 1. Control. 2. Treated.

Fig. 4. Effect of antibiotic treatment on stem tumour. 1. Before, and 2. after treatment.

Fig. 5. Effect of some toxins on the growth of wheat plants. a) Water-treated control. b) Weak toxin from *Bacterium* sp. c) Weak toxin from *Actinomyces griseus*. d) Strong toxin from *P. cyclopium*.

Fig. 6. Effect of gibberellin-treatment of the humus-rich soil. 1. and 2. Gibberellin-treated. 3. and 4. Untreated.

Fig. 7. Effect of gibberellin produced by *Fusarium* sp. on the growth of pea plants. 1. and 2. Treated. 3. and 4. Untreated.

Fig. 8. Effect of water extract prepared from gibberellin-treated plants on the growth of pea plants. 1. Control (water culture). 2. Grown on the water extract of gibberellin-treated plants. 3. Grown on the water-extract of untreated plants.

Fig. 9. Paper chromatograms of the toxin of *P. cyclopium* (1 to 3 grown on agar media, 4—6 grown in soil). 1. Benzol. 2. Butanol. 3. Butanol-acetic acid. 4. Benzol. 5. Butanol. 6. Butanol-acetic acid.

Fig. 10. Activity of gibberellin adsorbed by the soil. 1—2. Pea not treated with gibberellin. 3. Gibberellin treatment of the soil followed by leaching with water. 4. Gibberellin treatment of the soil without leaching.